

# PENGARUH ANTI OKSIDAN PHENYL BETA NAPHTHYLAMINE (PBN), DAN VARIASI RSS DENGAN SBR TERHADAP SIFAT FISIKA KOMPON TALANG KARET

Oleh : Siti Rochani dan Asrilah

## ABSTRACT

*The aim of the research was to find some important characteristics of rubber gutter compound such as tensile strength, elongation at break, and constant deflection because of adding Phenyl Beta Naphthylamine on it. Rubber gutter compound was made from mixing of natural (RSS) and synthetic rubber (SBR) and some additives such as Zinc Oxide, Stearic Acid, Naphthenic Oil, HAF black, Phenyl Beta Naphthylamine, Mercapto Benz Thiazol Disulfide, Diphenyl Guanidine and Sulphur. Three compositions of RSS/SBR and Phenyl Beta Naphthylamine were used in the research, namely 40/60; 50/50; 60/40, and 1; 1,5; 2 respectively. A statistical procedure was used to analyze the data of the physical characteristic of rubber gutter compound produced. The results were compared to the physical strength of rubber gutter available in the market. From the statistical analyses they denoted that the levels of Phenyl Beta Naphthylamine gave significant effects on elongation at break and constant deflection however there was no effect on tensile strength. The composition levels of RSS/SBR could produce compounds which were significant difference in the tensile strength, elongation at break and constant deflection. Compounds resulted from this research had better tensile strength and elongation compared to rubber gutter available in the market.*

## INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik kompon talang karet terutama sifat-sifat penting seperti tegangan putus, perpanjangan putus dan pampat tetap, karena penambahan anti oksidan Phenyl Beta Naphthylamine. Kompon talang karet dibuat dari campuran karet alam (RSS) dan karet sintesis (SBR) dengan penambahan bahan pembantu yaitu Zink Oksida, Asam Stearat, Naphtenic Oil, HAF black, Phenyl Beta Naphthylamine, Mercapto Benz Thiazol Disulphyte, Diphenyl Guanidine dan Sulfur. Campuran RSS dengan SBR di variasi dengan perbandingan 40/60; 50/50; dan 60/40, sedang Phenyl Beta Naphthylamine yang ditambahkan adalah 1; 1,5; dan 2 bagian. Kompon yang didapatkan, setelah diuji, hasilnya dianalisa dengan perhitungan statistik, serta dibandingkan dengan hasil uji talang karet dari pasaran. Dari hasil analisa statistik variasi Phenyl Beta Naphthylamine berpengaruh nyata pada sifat perpanjangan putus dan pampat tetap, sedangkan pada sifat tegangan putus tidak berbeda nyata. Variasi pencampuran RSS dengan SBR memberikan perbedaan yang nyata pada sifat fisis tegangan putus, perpanjangan putus dan pampat tetap. Dibandingkan dengan beberapa contoh yang diambil dari pasaran, kompon hasil penelitian mempunyai tegangan putus dan perpanjangan putus yang lebih baik.

## PENDAHULUAN

Dalam pembuatan barang karet, proses pengomponan dilakukan dengan mencampur bahan baku karet dan bahan-bahan pembantu lain di dalam open mill atau banbury mixer. Pada proses penggilingan ini, karet mengalami pelunakan karena

terputusnya rantai-rantai molekul karet. Proses pelunakan ini dipercepat lagi dengan adanya panas yang timbul karena gesekan antar molekul karet dan antara karet dengan rol open mill atau banbury mixer. Pemendekan rantai molekul karet dapat terjadi dan meningkat dengan cepat, menyebabkan karet dapat terjadi dan meningkat dengan cepat, menyebabkan karet semakin lunak dan kemungkinan dapat mengalami vulkanisasi awal. Kondisi seperti tersebut diatas menentukan sifat kompon yang dihasilkan, dan dengan demikian juga menentukan sifat fisis barang karet yang dihasilkan dari proses pencampuran tersebut, terutama apabila digunakan bahan pengisi karbon hitam. Untuk mendapatkan hasil pencampuran yang baik umumnya penambahan bahan pembantu di bagi dalam dua tahap.

Tahap pertama di masukkan bahan pengisi, pelunak minyak serta bahan-bahan yang tidak akan menyebabkan terjadinya vulkanisasi. Pencampuran ini dilakukan sampai semua pengisi tersebut tersebar secara merata kedalam karet. Pada tahap kedua proses pencampuran ditambahkan bahan-bahan yang ada hubungannya dengan proses vulkanisasi seperti bahan pencepat vulkanisasi dan bahan pemvulkanisasi.

Bahan pembantu yang berfungsi sebagai anti oksidan ditambahkan untuk mencegah terjadinya kerusakan karet yang disebabkan oksidasi karet karena adanya pengaruh sinar matahari. Pemilihan anti oksidan harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti mudah bercampur dengan karet, tidak mempengaruhi vulkanisasi, tidak menyebabkan perubahan warna kompon karet, serta tidak beracun.

Semua barang karet dapat terdegradasi, yang ditandai dengan lengket lengket, lunak kemudian mengeras dan sobek. Kerusakan ini dinamakan aging, yaitu terjadinya oksidasi karet karena pengaruh sinar matahari. Disamping itu ozon juga dapat menyebabkan kerusakan. Untuk dapat mencegah terjadinya aging, dalam pembuatan kompon karet perlu ditambahkan zat anti oksidan.

Beberapa anti oksidan yang penting adalah sebagai berikut,

No.	Nama Kimia	Nama Dagang	Sifat dan Penggunaan
1.	Phenyl Naphtyl Amine (PAN)	Nonox An Vulkanox PAN PAN	Coklat pucat. Membuat noda-noda. Anti Flex cracking, tidak terjadi blooming pada dosis tinggi Untuk karet chloroprene lebih kompak dengan karet dari pada PBN
2.	Phenyl Naphtyl Amine	Nonox BN Vulkanox PBN PBN	Coklat pucat. Membuat noda-noda. Anti flex cracking. 1 & 2 baik untuk anti oksigen, panas dan flex cracking



3.	Aceton Anylin Condensasi	Santoflex AW Santoflex DD Santoflex R	Coklat sangat pucat, coklat gelap, anti oksidan bagus, anti panas sangat bagus flex cracking kurang bagus.
4.	Aceton diphenyl Amine Condensasi	Nonox B Nonox BL Santoflex DPA	Coklat muda pucat atau coklat tua. anti oksidan bagus, anti panas sangat bagus anti ozon tidak berpengaruh.
5.	Alkyl (C-C) ated diphenyl Amine	Nonox OD	Coklat pucat. Efek pencegahan degradasi karena oksidasi, panas & flexing bagus. Terhadap ozon tidak punya efek pencegahan. Terhadap metal sedikit punya efek pencegahan.
6.	Alkoxy (- CH3O) diphenyl Amine		Efek pencegahan - panas cukup - oksigen bagus - flexing sangat bagus - metal kurang - ozon tidak ada.
7.	NN' diphenyl P Phenulene diamine	DPPD Nonox DPPD	Jarang dipakai karena kurang kompak dengan karet. Biasa dipakai dalam blending dengan Nonox HFN dan Santeflek 75. Pencegahan oksidasi panas flexing bagus. Pencegahan metal catalys sedikit. Pencegahan ozon cukup.
8.	NN' dinaphtyl phenylene	Nonox CI Santowhite CI	Efisiensi pencegahan degradasi : - Oksigen bagus - metal catalys sangat bagus - ozon tidak ada
9.	N phenyl N'alkyl P phenylene diamine	Nonox ZA Santflex I P Santoflex B	Efisiensi pencegahan degradasi bagus
10.	NN' dialkyl P phenylene diamine	Santoflek 77 Santoflek 217 Vulkanox 4030	Efisiensi pencegahan bagus Bersifat racun

Dalam penelitian ini dipilih anti oksidan phenyl Naphtyl Amine (PBN), karena menghasilkan barang karet yang mempunyai anti oksigen panas dan flex craking yang baik serta mudah di dapat di pasaran.

## MATERI DAN METHODA PENELITIAN

### Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### Bahan-bahan Penelitian

##### Bahan baku :

- Kater alam (Rubber smoked sheet)
- Karet sintetik (Styrene Butadiene Rubber)

##### Bahan pembantu

- Bahan Pelunak : Naphthenic oil
- Bahan Penggiat : Zn O, asam stearat
- Bahan pengisi : HAF Black
- Bahan oksidan : PBN
- Bahan pencepat : DPG, MBTS
- Zat pemvulkanisasi : Sulphur

#### Alat-alat penelitian

##### Peralatan pembuatan Kompon

- Timbangan
- Pisau
- Krus porselin
- Cetakan slab
- Hydraulic press
- Two roll mill
- Stop watch
- Curo meter
- Alumunium foil

##### Peralatan pengujian terdiri dari

- Alat uji waktu optimum kemasakan karet (cure time)
- Alat uji tegangan putus dan perpanjangan putus
- Alat uji pampat tetap

### Methoda Penelitian

Penelitian dilakukan dengan memvariasikan RSS/SBR dan PBN. Variabel-variabel yang dikerjakan adalah : RSS/SBR; 40/60; 50/50 dan 80/40 bagian dengan PBN : 1; 1,5 dan 2 bagian, sehingga diperoleh 9 kompon talang karet dengan formulasi sebagai berikut :

Tabel 1. Formulasi kompon talang karet :

No.	Bahan	KOMPON								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	RSS	40	40	40	50	50	50	60	60	60
2.	SBR 1502	60	60	60	50	50	50	40	40	40
3.	Zn O	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4.	Asam stearet	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
5.	Naph oil	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6.	HAF black	45	45	45	45	45	45	45	45	45
7.	PBN	1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2
8.	MBTS	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
9.	DPG	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
10.	Sulphur	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Data-data hasil penelitian dihitung secara statistik menggunakan rancangan faktorial

#### Pembuatan kompon

Proses pembuatan kompon talang karet adalah sebagai berikut :

- Bahan-bahan ditimbang sesuai dengan formulasi pada tabel 1 menggunakan timbangan analitis
- Selanjutnya bahan yang sudah ditimbang digiling dengan alat two roll mill.
- Mula-mula karet alam (RSS) dimastikasi (digiling) sampai plastis
- Tambahkan SBR 1502 (karet sintetis), giling sampai plastis
- Suhu gilingan tidak boleh lebih dari 70 C
- Setelah plastis, tambahkan secara berurutan, Zn O, asam stearat, giling sampai homogen.
- Tambahkan Naphtenic oil dan carbon black
- Tambahkan PBN, MBTS dan DPG setiap kali penambahan bahan giling sampai homogen.
- Terakhir tambahkan sulphur dan giling hingga homogen
- Setelah kompon jadi simpan dalam ruang kondisi selama  $\pm 24$  jam.
- Kemudian lakukan uji cure time untuk mengetahui waktu optimum kemasakan

karet.

Vulkanisasikan kompon dalam bentuk slab, dengan alat hidrolik pres pada suhu 150 C, tekanan 150 Kg/Cm dan waktu sesuai hasil uji, kemasakan karet.

#### Pembuatan slab

Letakan kompon pada cetakan kemudian tutup dengan plat yang sebelumnya sudah diberi Aluminium Foil atau dibasahi dengan minyak Silikon.

Masukkan dalam hidrolik press yang sebelumnya sudah dipanaskan pada suhu 150 C dengan tekanan 150 kg/cm dan waktu sesuai hasil uji kemasakan karet. Setelah waktu tercapai hentikan pemanasan dan keluarkan cetakan dari hyraulic press, kemudian setelah dingin keluarkan kompon dari cetakan. Sebelum dibuat contoh uji kondisikan selama 24 jam dalam ruang kondisi.

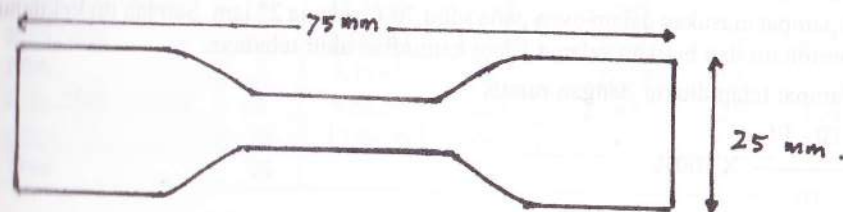
#### Pengujian

Untuk mengetahui sifat-sifat fisis kompon talang karet perlu dilakukan pengujian-pengujian kompon hasil penelitian yaitu : Tegangan putus, perpanjangan putus, dan pampat tetap. Ketiga uji tersebut diatas dilakukan karena sifat tegangan putus, perpanjangan putus dan pampat tetap sangat menentukan sifat barang jadi karet.

Prosedur pelaksanaan cara uji adalah sebagai berikut :

Tegangan putus dan perpanjangan putus

Pengujian dilakukan dengan alat uji ketahanan tarik. Potong cuplikan uji dalam bentuk dayung (lihat gambar dibawah ini) memakai pisau pons. Beri tanda dua garis sejajar pada cuplikan berjarak 2 cm simetris ditengah-tengah dayung. Ukur lebar dan tebal cuplikan kemudian pasang pada alat sehingga jarak antara kedua jepitan 50 mm. Penarikan dikerjakan dengan kecepatan 25 +- 1 cm/menit sampai cuplikan putus.



Gambar : Cuplikan contoh uji tegangan putus dan perpanjangan putus.



#### Perhitungan

$$\text{Tegangan putus} = \frac{F}{t \times w} \text{ kg/cm}$$

$$\text{Perpanjangan putus} = \frac{L1 - Lo}{Lo} \times 100\%$$

#### Keterangan :

F = beban yang diperlukan untuk menarik cuplikan sampai putus, kg.

t = tebal cuplikan, cm

w = lebar cuplikan, cm

Lo = panjang mula-mula cuplikan antara 2 tanda garis

L1 = panjang cuplikan antara 2 garis, pada waktu putus

#### Pampat tetap

Tujuan untuk menentukan perubahan tebal suatu contoh karet bila ditekan selama beberapa waktu. Pengujian ini perlu untuk barang karet yang sering mengalami penekanan.

#### Contoh uji berbentuk

Silinder, ukuran diameter 30 mm, tinggi 15 mm.

Ukur tebal dan kekerasan contoh uji, kemudian letakan diantara dua plat. Kencangkan baut sampai contoh terpampat. Besarnya pampat tergantung pada kekerasannya.

Untuk kekerasan 45-64 shore A besarnya pampat 30% dari tebal semula.

Untuk kekerasan 65-84 shore A besarnya pampat 25% dari tebal semula. Setelah dipampat masukan dalam oven pada suhu 70°C selama 22 jam. Setelah itu kekuatan contoh uji dan biarkan selama 1 jam kemudian ukur tebalnya.

Pampat tetap diukur dengan rumus =

$$\frac{T0 - T1}{T0} \times 100\%$$

dimana :

T0 = tebal sebelum dipampat

T1 = tebal setelah dipampat (1 jam setelah dilepas)

## HASIL - HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil penelitian

Hasil penelitian berupa data hasil uji sifat fisis kompon talang karet yang meliputi uji tegangan putus, perpanjangan putus, pampat total.

Hasil uji tegangan putus

Tabel 2 : Data hasil uji tegangan putus (N/mm<sup>2</sup>)

RSS/SBR	PBN	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
40/60	1	9,07	8,98	10,91	28,96	9,65
	1,5	10,30	12,22	10,09	32,61	10,87
	2	8,8	10,74	10,05	29,60	9,87
50/50	1	7,65	10,12	11,52	29,29	9,76
	1,5	10,99	9,67	10,90	31,56	10,52
	2	10,14	10,10	10,08	30,32	10,11
60/40	1	10,13	11,73	13,69	35,55	11,85
	1,5	10,17	12,93	11,19	34,29	11,43
	2	13,11	13,50	14,74	41,35	13,78
Total		90,37	99,99	103,17	293,53	

Dari data hasil uji tegangan putus, setelah dihitung secara statistik didapatkan analisa sidik ragam sebagai berikut :

Tabel 3. Anaisa sidik ragam untuk uji tegangan putus

Sumber Variasi	Db	Jk	Rjk	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	9,8703	4,9351	5,0353		
Treat Kombinasi	8	42,5351	5,3168	5,4247		
RSS/SBR	2	29,6889	14,8444	15,1458**	3,55	6,01
PBN	2	3,1635	1,5817	1,6138	3,55	6,01
RSS/SBR X PBN	4	9,6827	2,4206	2,4697	2,93	4,58
Error	18	17,6426	0,9801			
Total	26					

Jika F hitung dibandingkan dengan tabel, terlihat bahwa variasi RSS/SBR berbeda sangat nyata, sedangkan PBN tidak berpengaruh terhadap sifat tegangan putus.

Hasil uji perpanjangan putus

Tabel 4 : Data hasil uji perpanjangan putus ( % )

RSS/SBR	P B N	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
40/60	1	200	185	210	595	193,33
	1,5	200	235	200	635	211,66
	2	160	205	185	550	183,33
50/50	1	150	190	210	550	183,33
	1,5	200	175	195	570	190,00
	2	190	180	180	550	183,33
60/40	1	195	225	230	650	216,67
	1,5	200	235	230	665	221,67
	2	250	275	325	850	283,33
Total		1745	1905	1965	5615	

Dari data hasil uji perpanjangan putus tersebut diatas kemudian telah dihitung secara statistik didapatkan analisa sidik ragam sebagai berikut

Tabel 5. Analisa sidik ragam untuk uji perpanjangan putus

Sumber Variasi	Db	Jk	Rjk	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	2874,07	1437,03	4,37		
Treat Kombinasi	8	24579,62	3072,45	9,35		
RSS/SBR	2	15012,96	7506,48	22,48**	3,55	6,01
P B N	2	1335,18	667,59	2,03	3,55	6,01
RSS/SBR X PBN	4	8234,25	2057,87	6,26**	2,93	4,58
Error	18	5909,25	328,29			
Total	26					

Variasi RSS/SBR dan interaksi RSS/SBR dengan PBN mempunyai F hitung yang lebih besar dari pada F tabel pada tingkat kepercayaan 99 % yang berarti variasi RSS/SBR dan interaksi RSS/SBR dengan PBN menghasilkan perpanjangan putus yang berbeda sangat nyata.

Hasil uji Pampat tetap ( % )

Tabel 6 : Data hasil uji pampat tetap

RSS/SBR	P B N	Ulangan			Total	Rata-rata
		1	2	3		
40/60	1	9,40	9,66	10,33	29,39	9,79
	1,5	14,45	15,45	13,69	44,09	14,69
	2	12,68	10,55	10,25	33,48	11,16
50/50	1	15,15	10,15	14,07	39,37	13,12
	1,5	18,87	16,53	14,20	49,60	16,53
	2	12,67	13,91	14,73	41,31	13,77
60/40	1	5,95	13,79	12,85	32,59	10,86
	1,5	14,24	13,90	11,13	39,27	13,09
	2	13,65	12,53	10,86	37,04	12,34
Total :		117,56	116,47	112,11	346,14	

Data tersebut diatas setelah dihitung secara statistik menghasilkan analisa sidik ragam sebagai berikut :

Tabel 7. Analisa sidik ragam untuk uji pampat tetap

Sumber Variasi	Db	Jk	Rjk	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Ulangan	2	1,85	0,92	0,21		
Treat Kombinasi	8	102,97	12,87	3,01		
RSS/SBR	2	37,21	18,60	4,35 *	3,55	6,01
P B N	2	57,61	28,80	6,74 **	3,55	6,01
RSS/SBR X PBN	4	8,15	2,03	0,47	2,93	4,58
Error	18	76,97	4,27			
Total	26					

Variasi RSS/SBR, maupun variasi PBN berpengaruh nyata terhadap nilai hasil uji pampat tetap.

## PEMBAHASAN

a. Variasi perbandingan RSS/SBR berpengaruh sangat nyata terhadap hasil uji tegangan putus, sedangkan faktor PBN serta interaksi antara RSS/SBR dengan



PBN tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Dengan menggunakan perbedaan terkecil (Least Significant Difference), yang mempunyai nilai 0,98 maka variasi RSS/SBR 40/60 mempunyai tegangan putus yang tidak berbeda nyata dengan variasi RSS/SBR 50/50. Sedangkan variasi RSS/SBR 60/40 berbeda nyata dengan yang lain dan memberikan nilai paling tinggi (12,35 N/mm<sup>2</sup>). Hal ini disebabkan karena karet alam (RSS) mempunyai sifat tegangan putus yang lebih baik dibandingkan dengan karet sintetis (SBR). Sehingga makin banyak jumlah karet alam maka sifat tegangan putusnya semakin tinggi.

- b. Perpanjangan putus sangat dipengaruhi oleh faktor RSS/SBR, tetapi tidak dipengaruhi oleh variasi PBN. Hasil perhitungan LSD (5%) didapatkan nilai 17,93, sehingga variasi RSS/SBR 40/60 dan RSS/SBR 50/50 mempunyai perpanjangan putus yang tidak berbeda nyata. Sedangkan dengan RSS/SBR 60/40 mempunyai perpanjangan putus yang berbeda nyata dan menunjukkan nilai paling tinggi (240,55%). Hal ini disebabkan karena sifat karet alam mempunyai sifat perpanjangan putus yang lebih baik dibanding dengan karet sintetis. Sehingga makin banyak karet alam maka perpanjangan putusnya semakin tinggi. Interaksi antara RSS/SBR dengan PBN juga menunjukkan perbedaan yang nyata. Dengan menghitung perbedaan terkecil didapatkan bahwa variasi interaksi antara RSS/SBR 60/40 dengan PBN 2 bagian mempunyai perpanjangan putus tertinggi (283,33%) dan berbeda nyata dengan variasi yang lain.
- c. Tabel analisa sidik ragam untuk pampat tetap menunjukkan bahwa baik variasi RSS/SBR maupun variasi Phenyl Beta Naphtylamine berpengaruh nyata terhadap sifat pampat tetap, sedangkan interaksinya tidak. Pada variasi RSS/SBR setelah dihitung dengan nilai LSD 5% didapatkan bahwa variasi RSS/SBR 40/60 tidak berbeda nyata dengan RSS/SBR 60/40, tetapi berbeda nyata dengan RSS/SBR 50/50. Berbeda dengan tegangan putus dan perpanjangan putus, nilai pampat tetap yang terbaik adalah yang nilainya terendah, sehingga variasi RSS/SBR yang terbaik adalah 40/60, sedangkan variasi PBN yang terbaik adalah 1 bagian.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Variasi perbandingan RSS/SBR sangat berpengaruh terhadap sifat tegangan putus, perpanjangan putus dan pampat tetap, sedangkan variasi PBN tidak berpengaruh terhadap tegangan putus, namun berpengaruh terhadap sifat pampat tetap, dan interaksi antara RSS/SBR dengan PBN berpengaruh terhadap sifat

perpanjangan putus.

2. Semakin tinggi perbandingan RSS/SBR maka sifat tegangan putus dan perpanjangan putusnya semakin baik. Kompon dengan variasi perbandingan RSS/SBR 60/40 mempunyai nilai tegangan putus tertinggi ( 12,35 N/mm<sup>2</sup> ) dan nilai perpanjangan putus tertinggi ( 240,55% ).
3. Dibandingkan dengan talang karet yang diambil dari pasaran (4 macam), komponen talang karet hasil penelitian mempunyai tegangan putus dan perpanjangan putus yang lebih baik (talang karet dari pasaran mempunyai nilai rata-rata tegangan putus 8,04 N/mm<sup>2</sup> dan perpanjangan putus 54,99%).
4. Nilai pampat tetap yang terbaik adalah komponen dengan variasi RSS/SBR 40/60 (11,88%), sedangkan pada variasi PBN, nilai pampat tetap yang terbaik adalah PBN 1 bagian (11,256%).

## DAFTAR PUSTAKA

1. C. M. Blow, BSc., PhD., C. Chem, FRSC., FPRI and C. Hepburn, BSc., ANCRT., C. Chem, FRSC., FPRI.; Rubber Technology and Manufacture, Second Edition, Butterworth Scientific, London.
2. Harry Baron ; Modern Rubber Chemistry. D. Van Nostrand Company Inc. New York USA.
3. Ridha Arizal, DR. ; Rubber Processing Oil Product Dalam Negeri. Seminar Rubber Processing Oil, Semarang.
4. SBP Board of Consultants and Engineer ; Rubber Technology and Manufacture, Small Business Publication, SBP Building 4/45, Roop Nagar, New Delhi 110007.
5. Werner Hoffman; Rubber Technology Handbook. Hanser Publishers, Munich, New York, 1989.